
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Navarro Ballesteros, Raquel; Hernández i Sabaté, Aura, dir. Plataforma educativa amb nano jetbots. 2021. (958 Enginyeria Informàtica)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/248521>

under the terms of the  license

Plataforma Educativa amb Nano Jetbots (Classificació)

Raquel Navarro Ballesteros

Resum—L'objectiu d'aquest TFG és fer la classificació de senyals de trànsit, un objecte i forats, afegint un nou mòdul a la plataforma educativa ja existent pels alumnes de la ESO, amb nano jetbots i JupyterNotebook. Un cop fet aquest mòdul i juntament amb el mòdul 5 realitzat per un altre company, s'ha fet un sisè mòdul que és la unió dels dos mòduls anteriors, la qual cosa permet fer la classificació i al mateix moment la detecció de moviment per un laberint, al mateix temps que detecta els senyals i forats i l'objecte pot prendre decisions segons el que es troba al davant.

Paraules clau—Nano JetBots, Xarxa Neural, Intel·ligència Artificial, Python, JupyterNotebook, Classificació, Imatges, Aprenentatge.

Abstract— The aim of this TFG is to classify traffic signals, an object and holes, adding a new module to the existing educational platform for ESO students, with nano jetbots and JupyterNotebook. Once this module has been done and together with module 5 carried out by another classmate, a sixth module has been made which is the union of the two previous modules, which allows the classification and at the same time the detection of movement by a maze, while detecting signals and holes and the object can make decisions depending on what is in front of it.

Index Terms—Nano Jetbot, Neural Network, Artificial Intelligence, Python, JupyterNotebook, Classification, Images, Learning.

1 INTRODUCCIÓ

Necessitem apropar la intel·ligència artificial a nivells de secundària, que és quan encara tenim tots els estudiants junts a l'aula, ja que hi ha una gran falta de coneixement i vocació cap a tot aquest àmbit. Així d'aquesta manera s'ha proposat seguir i ampliar una plataforma ja existent^[1], per així poder permetre'l-hi explorar la intel·ligència artificial d'una manera indirecte i que els hi surgeixin les vocacions.

L'objectiu d'aquest TFG és el de treballar en una plataforma educativa amb nano Jetbots per poder treballar la intel·ligència artificial amb alumnes de tercer i quart d'ESO. S'han generat diferents unitats o mòduls didàctics per tal que el professorat i l'alumnat de secundària puguin treballar la matèria de forma més o menys autònoma amb un conjunt de nano jetbots.

Alguns exemples serien:

- Lego Education: Tenen els robots EV3 i Spike Prime^[3].



- MBots.



2 ESTAT DE L'ART

S'ha trobat que ja hi ha plataformes que apropen la robòtica als alumnes de secundària, tot i que no inclouen cap intel·ligència artificial o està molt limitada pel hardware, ja que no compten amb una targeta gràfica.

En el cas dels dos robots ens trobem que podem utilitzar Python però no tenen gràfica, així doncs són per a poder fer un apropament a la programació a la primària i/o primers cursos de secundària, però no a la intel·ligència artificial.

Un altre exemple d'apropar els coneixements tecnològics als estudiants i no tan enfocat a la robòtica, és el programa STEAMcat^[2], que és un programa d'innovació, recerca i cultura digital.

• E-mail de contacte: raquel.navarro@e-campus.uab.cat
 • Menció realitzada: Computació
 • Treball tutoritzat per: Aura Hernández Sabaté (CVC)
 • Curs 2020/21

3 OBJECTIUS

Veient les solucions i mecàniques s'han afegit tres mòduls nous a la plataforma ja existent.

- **Resolució d'un laberint:** l'objectiu d'aquest mòdul és poder fer que el nano Jetbot sigui capaç de reconèixer línies i a partir d'això poder arribar a resoldre el laberint.
- **Reconeixedor d'objectes i forats:** l'objectiu d'aquest mòdul és poder fer que el nano Jetbot sigui capaç de reconèixer objectes i/o forats.
- **Unió dels dos mòduls:** després d'haver treballat en els dos mòduls, els alumnes tindran l'oportunitat de combinar i fer servir les troballes dels mòduls anteriors.

Com que som dues persones treballant en paral·lel a la mateixa plataforma, del mòdul de la Resolució del Laberint s'encarregarà el meu company i del Reconeixedor d'objectes i forats jo mateixa. A més a més s'ha pensat fer el mòdul d'unió, perquè permet que la plataforma sigui més versàtil a l'hora de treballar, ja que a l'aula hi ha varis nivells i poden així, els estudiants treballar en mòduls independents i de més complexes. Per a que els estudiants puguin fer un ús òptim de la plataforma s'han fet uns NoteBooks explicatius i interactius dels mòduls.

3.1 Metodologia

Cadascú té assignada una part del projecte a realitzar, tot i que l'altra persona ha estat de suport d'aquesta part. Aprofitant que els mòduls són independents, cadascú podrà programar en Python i provar la seva part amb uns nano Jetbots i posar en comú una vegada es tingui una versió estable.

Un cop finalitzat i revisat cada mòdul, s'han inclòs els altres nano Jetbots.

Com a requeriments es necessita:

- Per a les escoles, els nano Jetbots i un dispositiu que compti d'un navegador web, tot i que es recomana un ordinador o una tauleta amb teclat.
- Per a nosaltres, com a mínim un nano Jetbot i un ordinador amb capacitat per entrenar les xarxes que estaran preentrenades als nano Jetbos.

4 PLANIFICACIÓ

S'ha separat el projecte en tres mòduls, que han durat; deu setmanes el mòdul 4, dotze setmanes el mòdul 5 i tres setmanes pel mòdul 6 (el seu desenvolupament i realització) i una setmana extra final per repassar i arreglar possibles bugs o errors. També hem dedicat temps, dins de les setmanes requerides per a cada mòdul, a redactar i detallar bé cada un d'ells, per tal que es puguin realitzar de forma autònoma a les classes. Les darreres setmanes han sigut per a fer i preparar la presentació, així com millorar tot el treball si s'escau.

En cadascun d'aquests mòduls hi ha hagut una persona liderant-lo, però l'altra persona ha donat suport en la seva realització en tot moment.

Finalment, hem vist que el desenvolupament del mòdul del Víctor (mòdul 5) és més laboriós que el de la Raquel i s'ha canviat la persona encarregada del tercer mòdul, així doncs la Raquel s'encarrega del mòdul 4 i de "liderar" el desenvolupament del mòdul 6, que es basa en la unió dels dos mòduls anteriors.

D'aquests mòduls com que el seu objectiu final és que formin part d'una plataforma educativa s'han creat notebooks i exercicis pensats per als estudiants per tal que puguin manipular el codi i veure'n el funcionament en primera persona. Les dos o tres darreres setmanes dels mòduls seran per crear aquests notebooks i exercicis de la plataforma educativa.

4.1 Gantt

T1. Resolució d'un laberint:

Persones que hi treballen: **Víctor**, Raquel

Durada: del 15 de març al 8 de juny.

T2. Reconeixedor d'objectes i forats:

Persones que hi treballen: **Raquel**, Víctor

Durada: del 15 de març al 23 de maig.

T3. Unió dels dos mòduls:

Persones que hi treballen: **Raquel**, Víctor

Durada: del 23 de maig al 13 de juny.

T4. Setmana extra: Repassar incidències i informe final

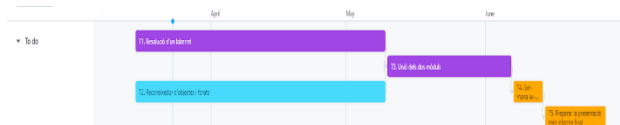
Persones que hi treballen: **Raquel**, **Víctor**

Durada: del 13 al 20 de juny.

T5. Preparar la presentació més docier final:

Persones que hi treballen: **Raquel**, **Víctor**

Durada: del 20 al 27 de juny.



Com es pot veure a la imatge del Gantt, els temps de realització de cadascun dels mòduls respecte al Gantt escrit, són diferents, això és degut a que inicialment es va fer una planificació de dedicar quatre setmanes per mòdul i les últimes setmanes dedicar-les a repassar i redactar l'informe. Finalment això no ha sigut possible ja que la realització dels mòduls ha sigut més laboriosa del que s'esperava i s'ha hagut de dedicar més temps del previst per a realitzar-los correctament.

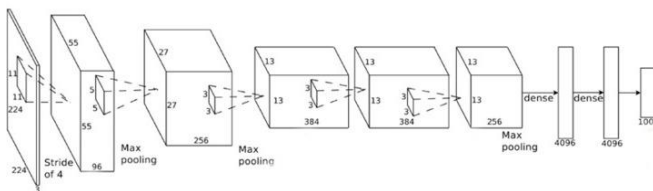
5 DESENVOLUPAMENT

Pel desenvolupament del TFG, es va començar a utilitzar TensorFlow [4] per fer l'entrenament de la xarxa neural, perquè així s'aprenia una metodologia diferent dins de les que ja es poden trobar dins el JupyterNotebook en els mòduls anteriors i és, a més a més, la que utilitza Google.

Finalment s'ha decidit utilitzar PyTorch aprofitant la xarxa neural ja creada previament a la plataforma [1], ja que degut a diversos errors que van sorgir a l'intentar entrenar amb TensorFlow [5] sense resultat satisfactori de resoldre'ls buscant informació i demanant ajuda als professors, s'ha vist que més que avançar, el sol fet d'intentar utilitzar TensorFlow retrassava la planificació i el desenvolupament del codi en comptes d'obtenir un aprenentatge i resultats satisfactoris.

5.1 AlexNet

S'utilitza la xarxa neuronal convolucional AlexNet, ja que a part de tenir la guia ja implementada en els mòduls anteriors és la que durant el grau hem utilitzat o/i sentit a parlar més a classe.



Img.1 AlexNet

AlexNet funciona de la següent manera tal hi com es mostra a la imatge 1, hi ha cinc capes convolucionals que van filtrant la imatge i extraient-ne característiques de totes elles un cop fet, s'envia a la següent capa per tornar a ser filtrada i extreure-hi les característiques, i així fins transformar la imatge de 224x224x3 a 3x3x384 i tres capes completament connectades entre elles que l'última es l'única que podem modificar la qual cosa en permet generar les sortides que necessitem.

Partint de la plantilla ja feta, hem modificat l'última capa per passar d'un problema binari a un problema multiclasse. Així doncs s'ha modificat l'última capa per tenir sis sortides que són les que requereix el problema, en comptes de dos que eren les que hi havien. Finalment s'ha solucionat de manera satisfactòria [6] modificant el que s'ha dit de les capes i buscant a interent els dubtes que anaven surgint.

5.2 Reconeixedor d'objectes i forats

L'objectiu pedagògic d'aquest mòdul és que els estudiants puguin entrenar el robot per tal de que sigui capaç d'indicar què és el que vol que reconeixi. Això s'ha realitzat gràcies a una xarxa neural a la qual els estudiants li passaran unes imatges que ells mateixos realitzaran de les senyals de trànsit, un objecte i un forat.

Així els estudiants poden explorar el comportament de la xarxa neural segons com l'entrenin, sense necessitat d'entrar en els detalls de la xarxa.

S'ha afegit un mòdul a una plataforma educativa ja existent per als alumnes de la ESO, que amb els nano jetbots, siguin capaços de reconèixer senyals de trànsit, forats per evitar caure i qualsevol objecte, triat pels estudiants amb previ entrenament fet.

El que hauran de fer els estudiants primer és triar l'objecte i recollir les senyals de trànsit proporcionades, recollir les dades, és a dir, fer les diferents imatges de cadascun d'ells i un cop tinguin tot això entrenar la xarxa seguint els passos proposats i explicats al Notebook que més endavant s'esmenta.

A partir de la plataforma ja creada i l'entorn ja fet, hem afegit botons per tal de poder-li dir al nano jetbot si ha de reconèixer i/o buscar en aquell moment un objecte, una senyal de trànsit o un forat.

L'objecte pot ser qualsevol ràpid de trobar a l'aula, com un llapis, per exemple. En aquest mòdul només es dedicaran a fer que el robot aprengui a reconèixer les diferents classes. Les accions a realitzar segons la classe es programaran en un mòdul posterior. Això l'estudiant ho podrà fer amb la xarxa neural que ells mateixos entrenaran, i és l'objectiu d'aquest mòdul.

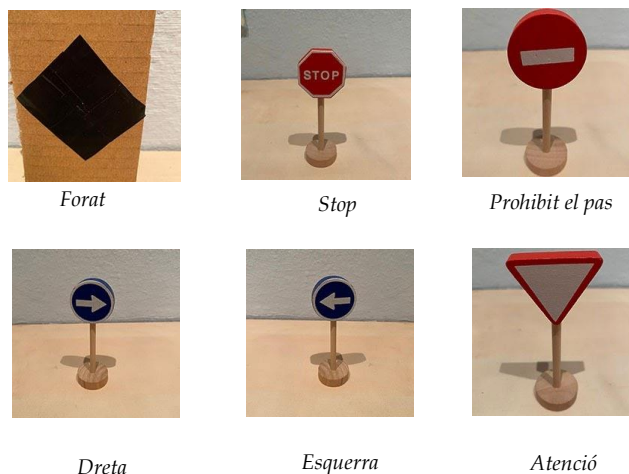
També s'ha afegit que el nano jetbot sigui capaç de reconèixer senyals de trànsit, d'aquesta manera segons la senyal que detecti, prendrà una acció o una altra.

Pel reconeixement de forats, simplement s'ha entrenat la xarxa neural, per a que quan trobi un forat, sigui capaç de detectar-lo i així més endavant esquivar-lo i evitar la caiguda.

Així doncs en aquest mòdul els estudiants hauran de fer les imatges corresponents i entrenar la xarxa neural perquè faci un bon reconeixement.

Finalment un cop tota aquesta part ha estat feta i entrenada, s'ha redactat el notebook per a que els estudiants entenguin els conceptes del que hauran de fer ells als nano jetbots i tot el funcionament d'aquest mòdul, ja que ells no veuran la xarxa neural a baix nivell.

En les següents imatges podem veure les senyals de trànsit i forat que es proporciona als estudiants per a que puguin realitzar aquest mòdul. La imatge següent, Img. 2, podem veure el forat que ha de reconèixer el robot, elaborat amb un tros de cartró i cinta adhesiva-aïllant. Com també s'inclouen imatges de les senyals de trànsit utilitzades, per a fer una mostra de l'entrenament del que el robot té que reconèixer.



Img.2

Cal destacar que el forat i el prohibit passar tenen la mateixa funció, és a dir, el robot detecta les dues imatges com a forat. La qual cosa vol dir que els estudiants poden triar si volen afegir al datset les dues imatges i fer l'entrenament amb les dues imatges o si volen afegir-ne una sola d'elles i per tant si escullen per exemple només imatges de la senyal de prohibit passar per a fer l'entrenament si posen una imatge d'un forat al davant de la càmera del robot fallarà, ja que no haurà estat entrenat amb aquelles imatges.

5.2.1 Experiments del mòdul 4

L'objectiu pedagògic és que els estudiants puguin explorar el nombre d'imatges i les restriccions en la recollida (lluminositat, angles de les imatges, etc).

Per poder fer un bon entrenament, es van agafar vint imatges de cada senyal de trànsit que interessa que el robot reconegui i del forat, agafades des de diferents angles, perspectives i lluminositats perquè d'aquesta manera pugui fer una bona valoració i detecció en el cas de trobar-la al davant i reconèixer-la.

Per escollir el nombre mínim òptim d'imatges que calia per obtenir uns bons resultats d'entrenament, es van fer proves primer amb deu imatges, per començar amb un número petit d'imatges per tal d'intentar que els estudiants haguessin de fer el menor nombre possible de fotos, a l'aula i que no fos algo en el que centressin la major part del temps, i es va veure que el resultat no era bo, ja que no van ser suficients i al mostrar-li una senyal fallava

bastant i no reconeixia bé la senyal que se li mostrava.

Es van fer proves amb diferent nombre d'imatges de cada tipus (10, 20, 30 i 40 imatges), indicant l'accuracy, la precision, el recall i el temps d'entrenament en cada cas.

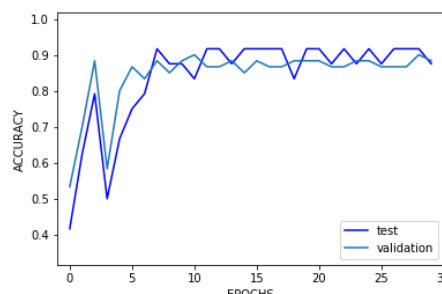
#Imatges	Accuracy	Recall	Precision	Temps (minuts)
10	45%	69%	64%	3,36
20	84%	83%	89%	3,40
30	92%	84%	90%	4,00
40	95%	93%	96%	7,48

Taula 1

Com es pot veure, amb major nombre d'imatges millors resultats obtenim per tant millor serà la classificació que fa el robot, però com a contra i com era d'esperar el temps d'entrenament és més elevat, en els tres primers casos varia simplement alguns segons, però al posar-li les quaranta imatges el temps d'entrenament ha pujat notablement.

Podem veure que si els estudiants utilitzen un mínim de vint imatges ja podran obtenir bons resultats.

En el següent gràfic de convergència (Img. 3), les taules de confusió i les proves realitzades manualment s'ha pogut confirmar que les vint imatges són suficients per poder fer una bona detecció de les senyals de trànsit, els forats i l'objecte.



Img.3 Gràfic de convergència

Com podem veure al gràfic de convergència (Img. 3), fet amb vint imatges, tenim una accuracy d'un 91% a la part de test i una accuracy d'un 88% a la part de validació, per tant, el nivell d'aprenentatge del robot és bo, la qual cosa confirma que les vint imatges són suficients per tal de que el robot realitzi un bon entrenament.

La taula de confusió indica el nivell d'encert en les posicions on coincideix el nom de la columna i la fila de cada un dels senyals, forat i objecte. Com podem veure, el nivell d'encert supera el 80% en gairebé tots els casos, passant del 90% en atenció, dreta i stop.

	Atenció	Dreta	Esquerra	Forat	Objecte	Stop
Atenció	92%	0%	0%	7%	0%	0%
Dreta	0%	92%	7%	0%	0%	0%
Esquerra	0%	50%	50%	0%	0%	0%
Forat	0%	0%	0%	89%	0%	10%
Objecte	13%	0%	0%	6%	80%	0%
Stop	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Taula 2. Taula de Confusió

Com podem veure les classes que van pitjor són, la senyal d'esquerra, que la confon notablement amb la de la dreta. Això és degut a que realment no tenim una senyal d'esquerra i el que es va fer, va ser agafar les mateixes imatges de la senyal de dreta i girar-les amb photoshop. I l'objecte que es va agafar un boli per a poder fer les proves i en certs casos el confon amb la senyal d'atenció.

A continuació es mostra una altra taula de confusió amb una imatge abstracte d'un objecte, color neure abstracte, i podem veure que l'error és diferent i no ho confon d'una manera tan errònia amb les senyals de trànsit, així doncs depèn clarament d l'objecte que s'agafi el nivell d'error que tindrà.

	Atenció	Dreta	Esquerra	Forat	Objecte	Stop
Atenció	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Dreta	0%	76%	15%	0%	0%	7%
Esquerra	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Forat	0%	7%	0%	84%	0%	7%
Objecte	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Stop	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Taula 3. Taula de Confusió

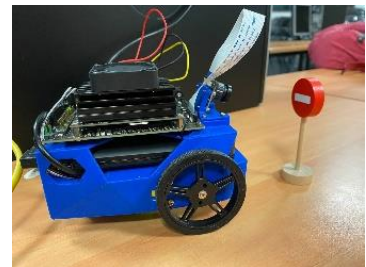
I com es veu a les proves que s'han realitzat manualment al posar-li al davant per exemple la senyals d'stop, reconeix amb alta precisió que aquella senyal és l'stop, al fer el canvi de l'stop a la senyal que s'ha triat com a forat/prohibit passar, fa la detecció clara que allò es un fora. Però de totes maneres en primer moment li costa fer el canvi entre una senyal i l'altra, un cop la detecta ja ho fa de manera acertada.

```

Detectat: forat
=====
Detectat: forat
=====
Detectat: forat
=====
Detectat: stop
=====
Detectat: forat
=====
Probabilitat molt baixa: 0.39540842175483704, forat
=====
Detectat: stop
=====
Detectat: stop
=====
Detectat: stop
=====
Detectat: stop
=====

```

Img.4.1 Resultats



Img.4.2 Robot + prohibit passar(forat)



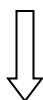
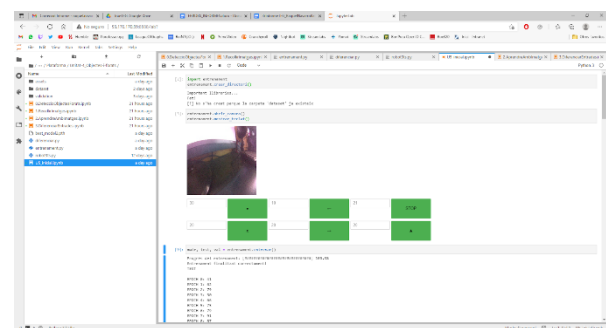
Img.4.3 Robot + Stop

A la imatge 4.1, podem veure com s'imprimeix per pantalla el resultat, és a dir, com l'estudiant podrà veure que dona resultat el que està fent, i com pot ell fer les proves que realment ha entrenat bé el robot. Bàsicament el que hem de fer és posar l'objecte o senyal que volem que ens reconegui al davant de la càmera del robot, en aquest cas com s'ha dit anteriorment s'ha triat primer mostrar-li un forat, la qual cosa va reconeixent correctament i a cada iteració va dient el que esta veient, i un cop fem el canvi a la senyal d'Stop la comença a detectar i com anteriorment a cada iteració et va donant a conèixer i imprimeix per pantalla la senyal que està veient.

5.2.2 Interfície del mòdul 4

Per tal que l'estudiant pugui assignar cada objecte amb la seva classe s'ha creat una interfície de botons per cada una de les senyals, el forat i l'objecte.

Estan fets de tal manera que hi ha un botó per cada classe (Dreta/Esquerra/Stop/Atenció/Forat/Objecte) i un comptador al costat per saber quantes fotos hi ha de cada tipus. En la següent imatge, Img. 5, podem visualitzar la interfície dels botons realitzada.



Img.5 Interfície de botons

Finalment, perquè l'estudiant pugui realitzar l'entrenament del robot de manera autònoma, òptima i satisfactòria s'ha redactat un Notebook explicatiu de quin és l'objectiu d'aquest mòdul així com de com realitzar les imatges, com entrenar el robot i com fer l'execució. També se li dona l'opció de modificar paràmetres i d'investigar i fer les seves pròpies proves i modificacions dins dels límits establerts.

5.3 Laberint amb objectes

A mesura que s'han completant els dos mòduls anteriors s'han unit per formar aquest. S'ha fet servir el mateix funcionament i material que a cada mòdul: ús de peces amb els camins, senyals, etc.

Pel desenvolupament del mòdul 6 (Unió del mòdul 4 i del mòdul 5), el que s'ha fet és modificar cadascun d'aquests dos mòduls per tal que junts en formin un de sol.

En aquest apartat s'expliquen les modificacions que es fan al mòdul 4, per tal de poder-lo integrar correctament al mòdul 5 (Resolució d'un laberint), realitzat pel meu company.

En primer lloc, l'objectiu de la unió dels dos mòduls és que el robot sigui capaç de recórrer un laberint i poder al mateix temps, reconèixer dos objectes escollits pels estudiants.

D'aquests objectes un li sumarà deu punts i l'altre li restaran cinc punts segons el que es trobi i els criteris que ells mateixos hauran escollit. També reconèixerà la senyal de girar a la dreta integrada amb el gir a la dreta del laberint, la senyal d'Stop que s'haurà de parar tres segons, i finalment el forat i/o la senyal de prohibit passar que s'incorporarà dins del laberint com a final de camí, així doncs l'acció que prendrà el robot serà de retrocedir per bucar un nou camí.

La senyal de girar a l'esquerra s'elimina respecte el mòdul 4 com també la senyal d'atenció, ja que l'acció que havia de fer el robot era parar com a l'Stop però en comptes de tres segons simplement un, i així no teníem dues senyals que feien el mateix, en lloc de la senyal d'atenció, l'espai que ocupa s'ha substituït per la detecció de "cap senyal", la qual cosa voldrà dir que el robot ha de seguir endavant i seguir el camí que es trobi. I la senyal de girar a l'esquerra es substitueix per un segon objecte.

El que s'ha fet per optimitzar temps als estudiants i així no haver de tornar a realitzar totes les imatges, és crear una funció que recollirà totes les fotografies les quals s'han realitzat en els mòduls anteriors, així d'aquesta manera només s'hauran de fer les imatges que són estrictament necessàries en aquest nou mòdul. Així doncs les imatges que necessitem realitzar seran les dels dos objectes que ells hagin triat o simplement d'un d'ells, en cas que vulguessin reutilitzar les imatges del primer objecte realitzades en el mòdul 4.

Per poder recuperar el dataset s'ha fet una llibreria que el recupera, així d'aquesta manera els estudiants simplement hauran d'executar-lo i ja tindran de nou totes les imatges fetes anteriorment. En el cas de l'objecte ja triat al mòdul 4 si el volen conservar pel mòdul 6, hauran de fer el procediment mostrat a la Img. 6.

```
# Volem recuperar la classe objecte? Si -> True, No -> False
copiarObjecte = True

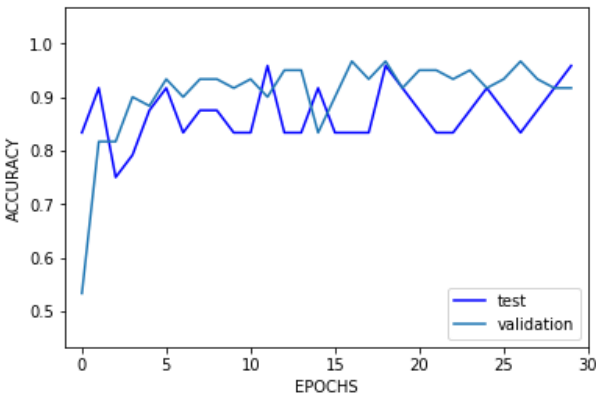
# Cridem a la funció copiar de la llibreria per recuperar el dataset
dataset.copiar(copiarObjecte)
```

Img.6

5.3.1 Experiments del mòdul 6

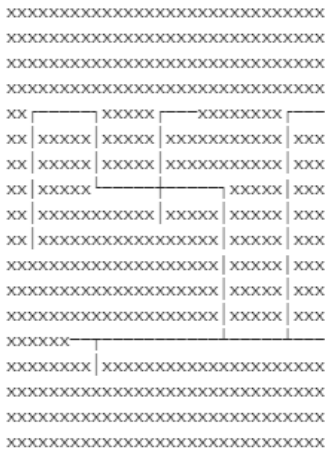
L'objectiu pedagògic d'aquest mòdul és que els estudiants puguin posar en pràctica tots els coneixaments adquirits i ajuntar-los, d'aquesta manera poder fer una bona classificació d'objectes i una bona resolució d'un laberint.

En aquest cas, no ha sigut necessari fer les proves per saber quin nombre d'imatges és el més òptim, ja que tota la part d'entrenament i classificació amb les proves pertinents segons el nombre d'imatges ja s'ha realitzar al mòdul 4, tot i així, com es pot veure a la imatge 8 (Img. 7 Gràfic de convergència), tot i posar més dades d'entrenament, ja que reconeixem també el laberint i totes les senyals i objectes, segueix convergint bé i obtenim uns bons resultats, tenint una accuracy d'un 95% a la part de test i una accuracy d'un 96% a la part de validació.



Img. 7 Gràfic de convergència

A continuació, veiem com es mostra el recorregut que pot fer el robot pel laberint (les línies és per on pot passar i les X per on no té pas) amb les restriccions ja fetes de les senyals de trànsit (Img. 8 Recorregut del robot pel laberint amb restriccions).



Img.8 Recorregut del robot pel laberint amb restriccions

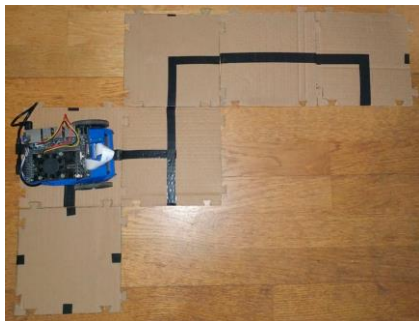
Finalment, podem veure un exemple (Img. 9 Exemple integració dels dos mòduls) de com integrem el Backtracking que guarda i fa el camí del laberint realitzat al mòdul 5 (Resolució del laberint), i al mateix moment reconeix els objectes i les senyals de trànsit i pren les accions pertinents segons el que es troba al debant.

I també podem veure una imatge del laberint real (Img. 10).

```

Posició actual (X, Y): (0, 2), trobat: recte
Posició actual (X, Y): (0, 1), trobat: dreta
Senyal de gir a la dreta.
Posició actual (X, Y): (1, 1), trobat: dreta
Posició actual (X, Y): (1, 2), trobat: esquerra
Posició actual (X, Y): (2, 2), trobat: creu
Posició actual (X, Y): (2, 1), trobat: dreta
Forat en (2, 1). Tornant enrere...
Posició actual (X, Y): (2, 1)
Posició actual (X, Y): (2, 2)
Continuem!
Final de camí en (2, 3). Tornant enrere...
Posició actual (X, Y): (2, 2)
Continuem!
Senyal de gir a la dreta.
Posició actual (X, Y): (3, 2), trobat: dreta
Posició actual (X, Y): (3, 3), trobat: recte
Posició actual (X, Y): (3, 4), trobat: esquerradreta
Posició actual (X, Y): (4, 4), trobat: recteesquerra
Posició actual (X, Y): (4, 3), trobat: recte
Posició actual (X, Y): (4, 2), trobat: recte
Posició actual (X, Y): (4, 1), trobat: dreta
Objecte 1 en (5, 1). Tornant enrere...
Posició actual (X, Y): (4, 1)
Posició actual (X, Y): (4, 2)
Posició actual (X, Y): (4, 3)
Posició actual (X, Y): (4, 4)
Continuem!
Final de camí en (5, 4). Tornant enrere...
Posició actual (X, Y): (4, 4)
Posició actual (X, Y): (3, 4)
Continuem!
Posició actual (X, Y): (2, 4), trobat: recte
Posició actual (X, Y): (1, 4), trobat: recteesquerra
Objecte 2 en (1, 4). Tornant enrere...
Posició actual (X, Y): (1, 4)
Posició actual (X, Y): (2, 4)
Posició actual (X, Y): (3, 4)
Posició actual (X, Y): (3, 3)
Posició actual (X, Y): (3, 2)
Posició actual (X, Y): (2, 2)
Posició actual (X, Y): (1, 2)
Posició actual (X, Y): (1, 1)
Posició actual (X, Y): (0, 1)
Posició actual (X, Y): (0, 2)
Posició actual (X, Y): (0, 3)
Laberint explorat completament!
    
```

Img.9 Exemple integració dels dos mòduls

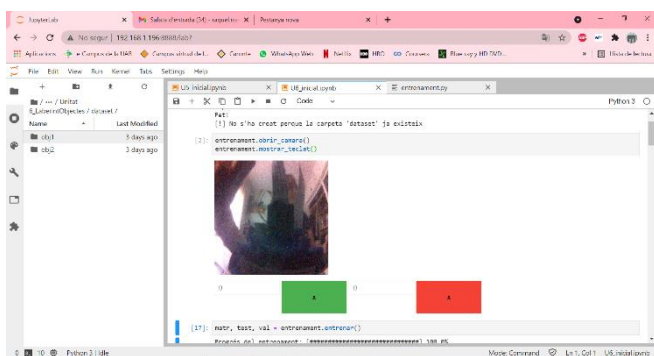


Img.10 Laberint real

5.3.2 Interfície del mòdul 6

En aquest cas per tal que l'estudiant pugui assignar cada objecte amb la seva classe s'ha modificat la interfície de botons per l'objecte, respecte el mòdul 4, ja que les imatges de la senyals de trànsit ja les hauran realitzat anteriorment i estaran guardades al JupyterNotebook, així doncs en aquest mòdul només farà falta que facin les imatges dels dos objectes. En verd el botó de l'objecte que els hi sumarà punts i el vermell el del que els hi restarà.

En la següent imatge, Img. 11, podem visualitzar la nova interfície dels botons realitzada.



Img.11 Interfície de botons

Finalment perquè l'estudiant pugui realitzar ell l'entrenament del robot de manera òptima i satisfactòria i pugui posar en pràctica els coneixements adquirits en els altres dos mòduls anteriors, s'ha redactat també un Notebook explicatiu de quin és l'objectiu d'aquest mòdul així com de com realitzar les imatges, com entrenar el robot, com recórrer el laberint i com fer l'execució.

També se li dona l'opció de modificar paràmetres i d'investigar i fer les seves pròpies proves i modificacions dins dels límits establerts.

6 CONCLUSIONS

En aquest TFG, he treballat sobre una plataforma ja existent, en el qual l'objectiu inicial era la realització de dos mòduls nous. Un fet per mi mateixa que consisteix en poder fer la classificació d'objectes per una part, i l'altre mòdul fet conjuntament, que consisteix en la unió del mòdul explicat en aquest TFG amb l'altre mòdul creat en el TFG del meu company.

Per molt senzill que sembla el robot i utilitzar la xarxa neural, no es tan fàcil com sembla ja que s'han de realitzar moltes proves abans i escollir correctament les imatges que cal donar-li i el nombre corresponent per a que l'entrenament realitzat sigui bo. Com també que és molt important fer una bona planificació des d'un inici.

També permet apropar la intel·ligència artificial des d'un punt de vista exploratori als estudiants de secundària. Així els estudiants poden també aprendre i veure lo difícil, complicat i el treball que hi ha darrere de tot això.

AGRAÏMENTS

En primer lloc vull agrair a la tutoria del treball, l'Aura Hernández, per haver comptat amb mi per tirar endavant aquest treball i per tot l'ajut i suport que m'ha donat no només durant el TFG sinó durant els anys del grau.

Finalment també m'agradaria agrair al meu company Víctor Noguera per totes les hores invertides treballant junts, i el suport que ens hem donat mútuament en cada fase realitzada en aquest treball.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alan Roldán Mailló - Follow the leader amb nano jetbots, plataforma educativa – Escola Enginyeria Febrer 2020.
- [2] STEAMcat: <https://projectes.xtec.cat/steamcat/>
- [3] Metodologia Lego Education, Spike Prime: <https://education.lego.com/es-es/start/spike-prime#Introducci%C3%B3n>
- [4] Implementació AlexNET amb TensorFlow: <https://towardsdatascience.com/implementing-alexnet-cnn-architecture-using-tensorflow-2-0-and-keras-2113e090ad98>
- [5] Solució problema dataset. Ragged: <https://stackoverflow.com/questions/47580716/how-to-input-a-list-of-lists-with-different-sizes-in-tf-data-dataset>
- [6] Error Triggered PyTorch: <https://towardsdatascience.com/cuda-error-device-side-assert-triggered-c6ae1c8fa4c3>